OBSERVATIONS HYGIÉNIQUES

SUR

L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

DE LA

NAPPE SOUTERRAINE

PROJÉTÉ POUR LA VILLE DE TANTAH

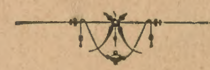
PAR

M. l'Ingénieur K. ABEL

RAPPORT PRÉSENTÉ

PAR

LE DOCTEUR H. BITTER



CAIRE
TYP. LITHOHRAPHIE A. COSTAGLIOLA
1897

OBSERVATIONS HYGIÉNIQUES

SUR

L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

DE LA

NAPPE SOUTERRAINE

PROJÉTÉ POUR LA VILLE DE TANTAH

PAR

M. l'Ingénieur K. ABEL

RAPPORT PRÉSENTÉ

PAR

LE DOCTEUR H. BITTER



CAIRE
TYP. LITHOGRAPHIE A. COSTAGLIOLA
1897

OBSERVATIONS GÉNÉRALES

Quand il s'agit de juger au point de vue de l' hygiène l'approvisionnement d'eau projeté pour la ville de Tantah, il se pose tout d'abord une question de principe qu'il faut resoudre. Savoir : s'il n'aurait pas été préférable d'utiliser, après l'avoir filtrée, l'eau du Nil que l'on avait à sa disposition et qui, jusqu'à présent, représentait, en Egypte, la source générale ou presque unique d'eau potable, au lieu, en recherchant des eaux souterraines de se lancer sur un chemin jamais pratiqué jusqu'ici dans ce pays et pour lequel il était très-douteux qu'il amenât au but voulu.

Il n'y a pas longtemps, une grande partie des hygiénistes et des ingénieurs hydrologistes se seraient probablement prononcés en faveur de l'eau du Nil.

En effet à cette époque, les causes qui rendent une eau insalubre et dangereuse, n'étant pas encore exactement connues les hygiénistes étaient habitués à juger la salubrité de l'eau presque exclusivement selon les résultats de l'analyse chimique.

D'un autre côté les ingénieurs craignaient très-souvent que l'eau de la nappe souterraine ne fût pas suffisante et ne s'épuisât à la suite d'un puisage prolongé et considérable.

Aussi étant donné que les eaux souterraines ne repondent pas toujours aux exigences des chimistes, tandis que les eaux de rivière, en général, sont très bonnes à ce point de vue et comme la question de la quantité, pour ces dernières, ne donnait pas lieu a des préocupations, ordinairement, on se décidait facilement à cetfe époque, à choisir pour l'approvisionnement d'une ville, l'eau de rivière, si l'on en disposait, sans se préoccuper trop de la possibilité de se fournir de la nappe souterraine.

Naturellement, on se disait que l'eau de rivière était très souvent exposée à la contamination, mais, on croyait avoir écarté tout danger en la clarifiant par la filtration à travers du sable.

Aujourd'hui, nos idées à cet égard ont subi un changement considérable.

Nous savons à présent qu'il n'existe pas en général d'eau plus salubre que l'eau naturelle du sous-sol ; et que d'autre part, l'eau de rivière reste toujours suspecte ou même dangereuse, quelque parfait que soit le procedé employé pour son épuration.

Nous savons que les sels minéraux notamment les nitrates et chlorures en quantité telle comme on les trouve dans l'eau douce ne sont pas, par eux-mêmes, nuisibles quand ils sont introduits dans l'économie humaine, et que tout danger pour la santé résulte des germes pathogènes qui pourraient entrer dans l'eau du dehors.

Si nous nous mettons à ce point de vue nous reconnaîtrons facilement que l'eau de la nappe souterraine, separée de la surface par des couches plus ou moins considérables de terre, doit être infiniment mieux protegée contre les contaminations par des matières infectieuses que l'eau de rivière, qui coule ouvertement et qui, presque partout, est considerée par l'opinion publique comme destinée à recevoir et à éloigner les ordures provenant de l'économie humaine.

En effet il a été démontré par des expériences faites dans les derniers temps (1) que l'eau de la nappe souterraine est, d'ordinaire, complètement dépourvue de germes vivants, qu'elle est stérile, et que même les couches de terre qui la séparent de la surface, à partir d'une certaine profondeur ne contiennent plus de bactéries, bien que les couches supérieures en soient très chargées.

De pareilles expériences, répétées par beaucoup d'hygiénistes célèbres, dans différentes contrées et sous différentes conditions ont toujours donné le même résultat, en sorte qu'il est reconnu actuellement comme axiome dans la science du monde entier, que l'eau du sous-sol, à une profondeur suffisante sauf des cas exceptionnels que nous examinerons plus tard, est tout à fait libre de bactéries, et qu'elle est absolument protégée contre l'infection par des germes venant de la surface.

Ce fait étonnant, au premier abord, s'explique par le pouvoir filtrant du sol naturel, qui est infiniment plus apte à retenir des bactéries que tous filtres artificiels connus.

La cause principale de cette efficacité de la filtration naturelle est la lenteur extrême avec laquelle elle se fait. En effet, les expériences les plus exactes entreprises à cet égard ont révélé ce fait intéressant que des eaux qui s'infiltrent dans un sol de perméabilité moyenne exigent plusieurs années pour arriver jusqu'à la nappe souterraine, même au cas où cette dernière ne se trouverait qu'à cinq où six mètres au dessous de la surface du sol. Par une telle filtration, tout élément corpusculaire contenu dans l'eau doit être forcément retenu dans les couches supérieures du sol.

---

1 Fraenkel Zeitschrift für Hygiène. Bd. VI.

Tant que la continuité du sol qui sépare la nappe souterraine de la surface n'est donc pas interrompue, l'eau qui se trouve au-dessous est complétement protégée contre les germes infectieux, même si la surface est inondée par des eaux qui en contiennent.

La seule possibilité, pour les matières infectieuses d'arriver à l'eau de sous-sol serait l'existence de discontinuités soit naturelles, soit artificielles dans le sol, qui mettraient la nappe en communication directe avec la surface ; par exemple, des fentes dans les terrains rocailleux ou argileux ou bien le creusage de puits.

Dans la plupart des cas même, où des germes trouvent accès par de tels passages il ne se produit qu'une contamination locale : il ne pourrait pas en résulter une infection assez étendue, et moins encore une infection générale de la nappe souterraine, parce que la propagation des germes est empêchée par la filtration horizontale que l'eau subit dans le sol, en suivant son chemin naturel. Ne font exception à cette règle que les terrains rocailleux calcaires, dans lesquels se trouvent souvent des systèmes de fissures très étendues.

Ces explications suffiront pour démontrer que l'eau de la nappe souterraine est en elle-même salubre et n'offre aucun danger pour la santé, parce qu'elle est libre de germes infectieux, qui sont le seul agent, en dehors des vrais poisons, par lesquels l'eau puisse provoquer des maladies. Il n'en reste pas moins vrai que l'eau de puits a très-souvent causé des épidémies plus ou moins étendues ; cependant, le mal ne vient pas alors directement de l'eau de la nappe, mais de la construction défectueuse du puits, laissant libre accès aux afflux infectants de la surface. Des faits pareils ne pourraient jamais être cités en défaveur de l'eau de la nappe souterraine, parce qu'il s'agit là d'un danger très facile à éviter d'une façon absolue.

Par contre, *l'eau de rivière* est exposée à toute espèce de contamination. En général les fleuves sont les réceptacles préconisés pour les ordures de tous genres, notamment pour les matières fécales et les eaux ménagères. Souvent même des villes entières qui possèdent jusqu'à plusieurs centaines de mille habitants s'en servent comme égout général et quelques kilomètres plus bas, d'autres villes y puisent leur eau potable.

On s'explique donc aisément que ce soit précisément l'eau de rivière qui donne lieu à des épidémies, parce que les germes infectieux y ont, pour ainsi dire, libre accès.

L'histoire épidémologique nous démontre, par beaucoup d'exemples dont un des plus récents et en même temps le plus concluant, est l'épidemie cholérique de Hambourg en 1892, que le danger qu'offre l'eau potable puisée dans les fleuves n'est pas seulement de supposition théorique ; en réalité, l'étendue de ce danger est beaucoup plus grande encore qu'on ne serait disposé à le croire de premier abord.

Pour celui qui connaît les habitudes de la population égyptienne, il est superflu de dire que, dans ce pays, la contamination de l'eau du fleuve et des canaux dépasse encore de beaucoup celle que l'on est habitué à voir dans bien d'autres pays et notamment en Europe.

On dira probablement que tout le danger qu'offre l'eau de rivière peut être écarté par la filtration à travers du sable. Ce système qui a d'abord été employé en Angleterre est à présent en usage dans beaucoup de villes. En effet, des filtres de ce genre, bien construits et soigneusement entretenus et surveillés, peuvent enlever à l'eau la plupart des matières qu'elle contient en suspension et la clarifier complétement ; on reussit même à réduire très considérablement le nombre de bactéries, souvent à tel point que le danger d'infection par l'eau devient presque nul.

Cependant même dans les circonstances le plus favorables, on n'obtient jamais une eau complétement dépourvue de germes, on ne peut jamais arriver à un effet égal à celui de la filtration naturelle qui, comme nous l'avons vu, *retient toutes les bactéries* et stérilise complètement l'eau.

Quelque perfectionné que soit le procedé de la filtration artificielle, l'eau filtrée, impliquera toujcurs un certain danger pour la santé, très minime, il est vrai, tant que les filtres fonctionnent regulièrement, mais très accentué au cas où surviendrait le moindre dérangement dans la marche de la filtration. Or, il a été démontré par beaucoup d'experiences faites dans les dernières années par les hygiénistes les plus éminents, que c'est précisement le fonctionnement régulier des filtres qn'il est extrêment difficile, sinon inpossible, d'obtenir et surtout de maintenir, en tous temps et dans toutes les circonstances. Ni la construction la plus perfectionnée des filtres et des appareils régulateurs, ni la surveillance la plus attentive ne peuvent nous garantir, que la filtration ne devienne insuffisante à un moment donné. Cela nous ménerait trop loin d'expliquer ici les raisons de cette conclusion ; il doit suffire de dire que tous les hygiénistes sont d'accord sur ce point. (1)

Il va sans dire qu'une eau insuffisamment filtréé offre presque les même dangers qu'une eau non filtrée ; il faut même avouer que le danger est parfois encore plus accentué ; vu que le public trompé par une fausse securité du fait que l'eau est filtrée ne prend pas de précautions pour stériliser l'eau à domicile, ce qu'il ne manquerait pas de faire si on lui fournissait une eau non filtrée.

---

(1) Voir : Koch, Zeitschrift für Hygiene Bd. XIV. p. 393.
Duclaux : Annales de l'insitut Pasteur T. IV.

Il ne sera pas inutile de faire remarquer ici que l'eau du Nil oppose encore beaucoup plus d'obstacles à une filtration parfaite que les eaux de la plupart des fleuves européens, à tel point même que, pendant une grande partie de l'année, sa clarification à l'aide des filtres devient presque impossible et ne s'obtient qu'en faisant subir à l'eau au préalable un traitement chimique. Les nombreux essais que j'ai fais pendant les dernières années à Alexandrie l'ont clairement démontré.

Après ces explications on comprendra facilement que pour l'approvisionnement d'une ville, on doit avoir recours à l'eau de rivière seulement quand tout autre moyen de se procurer une bonne eau potable, (eau de source ou, ce qui revient au même, eau de la nappe souterraine) ferait defaut.

Aujourd'hui, les hygiénistes et les ingénieurs sont d'accord sur ce point, et en effet, la plupart des distributions d'eau que l'on a établies pendant ces dernières dix années en Allemagne, en Autriche, en France et en Italie, sont basées sur l'eau d'une nappe souterraine. Dans quelques cas on a même remplacé par des puits des installations de filtrage, qui avaient été fort couteuses.

Probablement, il ne sera pas inutile de citer ici les opinions formulés dernièrement à cet égard par quelques hygiénistes des plus celèbres.

Le professeur Koch dit dans son travail sur les rélations qui existent entre la filtration de l'eau et les épidemies cholériques : (1)

« L'eau de la nappe souterraine nous donne une sûreté « absolue contre le danger d'infection. On devrait donc la préfé-

(1) Ueber Wasserfiltration und Cholera
Zeitschrift für Hygiène Bd. XIV. 1893 p. 421.

« rer en tous cas à l'eau superficielle, pourvu que sa quantité « suffise et qu'elle ne contienne pas en excès des chlorures ou « des sels de chaux. Je crois qu'il est désirable, et dans quelques « cas même indispensable de remplacer des distributions d'eau « qui fournissent de l'eau de rivière filtrée par des installations « basées sur l'eau de la nappe souterraine. »

Le Docteur *Vallin*, un des hygiénistes les plus connus de France, dit (1).

« Une eau qui a besoin d'être filtrée est une eau qu'on « n'aurait jamais dû songer à amener dans un service public. « C'est une dépense ruineuse et on n'obtient que des résultats « illusoires. La filtration est un pis aller dans des circons- « tances accidentelles et malheureuses ; c'est un moyen d'atten- « dre qu'on ait réussi à se procurer une eau très-pure qui, « celle-là, n'ait pas besoin d'être filtrée. »

Dans un rapport dernièrement paru à la suite d'un concours ouvert par la ville de Paris, le Dr. Martin (2) aboutit à la conclusion suivante :

« Le concours ouvert par la ville de Paris, en vue de « rechercher le meilleur procédé d'épuration ou de stérilisation « des eaux de rivière pour l'alimentation d'une ville ou d'éta- « blissements populeux, témoigne une fois de plus, qu'il est « actuellement impossible d'obtenir par aucun filtre, grand ou « petit, et d'une manière permanente, une eau comparable a « l'eau de source convenablement choisie, bien captée et suffi- « samment protégée. La véritable épuration de l'eau de bois- « son consiste dans l'approvisionnement en eau de source. »

(1) Revue d'hygiène, Juin 1886.

(2) Concours pour l'épuration ou la stérilisation des eaux de rivière destinées à la boisson. Rapport présenté par le Dr. J. A. Martin, au nom de la commission chargée de juger le concours Paris 1896.

Si M. Martin parle ici de l'eau de source, il est bien entendu que ses paroles s'appliquent sans restriction également à l'eau de la nappe souterraine en général, vu que la science hydrologique moderne ne fait plus de distinction entre ces deux eaux : en effet, elles ne se distinguent que par le mode de leur apparition. Tandis que l'eau de la nappe souterraine, en général, doit être artificiellement élevée pour servir aux usages humains, l'eau de la source. par des configurations favorables du sol, arrive d'elle-même à la surface.

Quant à l'origine, à la composition chimique et surtout quant à l'absence de danger d'infection, elles sont absolument les mêmes.

Ainsi, dit M. Grahn : (1) un hydrologiste des plus célèbres, « nous ne faisons pas de distinction qualitative entre les eaux de source et celles de la nappe souterraine. »

Mr. Otto Lueger, un des premiers ingénieurs hydrologistes allemands, se prononce très-clairement à cet égard, dans son grand ouvrage sur l'approvisionnement d'eau. (2)

« Où la nature ne fournit pas de sources, nous sommes à « même d'en saisir les causes : si nous exécutons ce que la « nature n'a pas fait, nous créons des sources. »

La supériorité de l'eau de la nappe souterraine sur les eaux de rivière, étant incontestable il n'était donc pas seulement justifié, il était même après tout ce que nous venons de dire indispensable de s'assurer dès le commencement, à Tantah, si la nappe souterraine pourrait être utilisée pour l'alimentation de cette ville.

---

(1) Die Art der Wasserversorgung der Städte des deutschen Reiches München 1883. p. XIX.

(2) Die Wasserversorgung der Städte 1895 p. 354.

Ces investigations ont été couronnées par un succès complet. Avant d'entrer dans les détails de la question et avant de donner, point par point, les résultats de mes examens, au point de vue de l'hygiène, des eaux de Tantah, je dois, pour être clair, exposer encore une question théorique: la question des relations, qui existent entre la composition chimique d'une eau et sa salubrité.

Ainsi que je l'ai dit, au commencement de ce rapport à une certaine époque le jugement sur la salubrité d'une eau etait entièrement basé sur les résultats de l'analyse chimique et sur quelques caractères apparents tels que clarté, goût et température.

Depuis longtemps des observations épidémologiques, avaient conduit d'attribuer à l'eau un grand rôle dans la propagation des maladies infectieuses. Supposant avec raison que l'infection de l'eau devait se faire par des produits de l'économie humaine — excréments etc — on recherchait des moyens pour prouver si une telle contamination de l'eau avait eu lieu ou non. Ne connaissant pas les véritables causes des maladies infectieuses, on ne pouvait pas naturellement songer à rechercher directement dans l'eau la présence de ces matières infectieuses. On était donc forcé de recourir à des moyens plus au moins indirects. Après beaucoup de tâtonnements, on croyait avoir trouvé dans la composition chimique d'une eau, un indicateur, quant à sa disposition à être contaminée du dehors. En comparant au point de vue chimique, des eaux qui certainement n'étaient pas contaminées à celles qui l'étaient, on arrivait à cette conclusion qu'une eau dont le contenu en différents sels, (chlorures, nitrates, ammoniaque etc..) dépassait certaines limites, devait être considérée comme suspecte et ne devait pas servir pour l'alimentation humaine.

Il serait trop long d'exposer en détail combien et pour quelles raisons une telle supposition était erronée ; il

suffise de dire qu'en suite de son adoption par la plupart des hygiènistes, l'appréciation des eaux potables, au point de vue de leur salubrité se reduisait peu a peu à un procédé machinal exercé avec prédilection par des chimistes et des pharmaciens, qui étaient, il est vrai, bien capables de faire une analyse chimique, mais qui, très souvent, n'avaient pas une compétence égale en matière d'hygiène. Beaucoup d'eaux qui, d'après nos connaissances actuelles, se prêtent très bien à l'alimentation humaine ont été rejetées alors comme dangereuses, et si l'alimentation en eau souterraine n'a pas fait plus de progrès vis-à-vis de l'alimentation en eau de rivière, cela doit être précisément attribué à ce fait que l'eau du sous-sol ne répond pas toujours aux exigences chimiques, tandis que l'eau de rivière à ce point de vue, y satisfait presque toujours.

Il est bien regrettable que les progrès faits par la science dans les dernières années et qui ont établi d'une manière concluante où nous devons chercher les causes d'insalubrité de l'eau, n'aient pas encore pu détruire complètement la croyance dans l'infaillibilité de l'analyse chimique, quand il sagit d'apprécier la qualité d'une eau potable.

En effet nous savons à présent que le danger d'infection qu'offre une eau n'est causé que par les microorganismes qui pourraient l'avoir contaminée et comme il a été constaté très souvent qu'une eau dépassant dans l'un ou l'autre de ses composants les chiffres établis dans le temps par les chimistes s'est trouvée être libre de bactéries, tandis qu'une autre eau qui était irréprochable au point de vue chimique a causé des épidémies, précisément par le fait qu'elle était contaminée par des germes infectieux ; comme enfin les sels dont la présence était proscrite par la science ancienne, ne sont en quantités telles qu'ils se trouvent ordinairement dans l'eau, nullement préjudiciables pour la santé, il en résulte que l'analyse chimique de l'eau n'offre qu'un interêt secondaire. En premier lieu, il sagit tou-

jours de prouver que l'eau en question n'est pas exposée à la contamination ou à l'infection.

Je n'ai pas voulu dire que l'examen chimique soit devenu tout à fait supertlu et inutile pour juger une eau : Cela serait aller trop loin. L'analyse chimique peut toujours rendre des services précieux, principalement quand il s'agit de choisir parmi plusieures eaux qui donnent les mêmes garanties pour leur salubrité, celle qui convient le mieux a l'alimentation. En effet, malgré que les sels qui sont contenus dans l'eau ne sont pas nuisibles à la santé, on préférera toutes choses égales d'ailleurs, une eau qui n'est pas trop chargée de sels à celle qui en contient l'un ou l'autre en excés. Ainsi, par exemple, on donnera la préférence à une eau pauvre en chlorures sur une autre eau qui, par la quantité de sel qu'elle contient, pourrait donner à des personnes sensibles, le goût d'une eau saumâtre. Une eau relativement douce est plus appropriée aux usages communs et à l'industrie qu'une eau dure ou séléniteuse ; une eau qui est exempte de fer en solution convient mieux pour l'alimentation qu'une eau qui en contient, parceque cette dernière doit, avant d'être utilisée, subir un traitement plus ou moins coûteux.

Quand il s'agit donc de juger, au point de vue de l'hygiène, une eau destinée à l'alimentation d'une ville, il faut avant tout prouver qu'elle n'est pas exposée au danger d'être contaminée, mais il faut également l'analyser pour être sûr de fournir la meilleure eau possible, dans les conditions locales.

Mais, pour le répéter encore une fois, jamais le résultat de l'analyse chimique, même quand elle démontre que l'un ou l'autre sel se trouve en quantité un peu plus considérable que ne l'admettent les chiffres limites établis par les chimistes, ne doit nous amener à rejeter une eau qui pour le reste, correspond aux exigences de l'hygiène.

Il était nécessaire d'exposer ici, un peu en détail, ces idées modernes qui ont été formulées, d'une façon concluante, dans un récent travail de Mr. Flügge (1), l'hygiéniste bien connu, parcequ'il pourrait se produire d'un côté ou d'autre, une opposition contre l'eau trouvée à Tantah, dont le contenu en chlorures est un peu plus élevé que ne l'admettent les chiffres limites.

LES EAUX DE TANTAH

Après avoir, indiqué, dans ce qui précède les bases scientifiques sur lequelles doit reposer notre jugement sur la question d'approvisionnement d'eau, il convient de procéder à l'examen détaillé du projet d'alimenter la ville de Tantah avec l'eau provenant d'une nappe souterraine, ainsi qu'il a été proposé concessionnaires par M. l'Ingénieur *K. Abel*, sous la direction duquel tous les travaux ont été exécutés.

Les études à faire, dans le but de constater la présence d'une nappe et d'en examiner la qualité, se basent sur des sondages, seul moyen que nous ayons d'étudier une question semblable : c'est par sondage que l'on détermine la nature, la situation et l'épaisseur des différentes couches, que l'on constate lesquelles de ces couches sont acquifères, quel en est le degré de perméalibité et quelles sont les conditions hydrauliques, ainsi que le régime de la nappe. En dernier lieu, et c'est

1) Zeitschrift für Hygiene Bd. XXII.

le point principal, ils nous instruisent sur la qualité de l'eau, tant au point de vue chimique que bactériologique.

Les sondages exécutés dans les environs de Tantah par M. Abel consistèrent dans l'enfoncement dans le sol de tuyaux de 70 m/m de diamètre. En introduisant dans les tuyaux des outils appropriés, on enleva les déblais au bout inférieur, et l'on fit descendre ainsi les tuyaux jusqu'à la profondeur voulue.

Ces échantillons enlevés donnent une idée précise de la formation géologique du sous-sol, tandis que le fait que les eaux ne peuvent entrer dans les tuyaux que par le bout inférieur les isole complètement et nous met à même de déterminer exactement les couches d'où elles proviennent.

On exécuta 4 sondages de ce genre aux endroits indiqués sur la planche N° 1 ci jointe. (1)

Les résultats obtenus ont été, sauf quelques variations insignifiantes, les mêmes, tant pour la configuration géologique que pour les conditions hydrologiques et la qualité des eaux.

Les planches N° 2-5 indiquent les couches traversées et les niveaux auxquels l'eau montait dans les tuyaux.

La couche superficielle est dans les 4 cas, une couche de terre, connue sous le nom de « limon ou de terre du Nil » dont l'épaisseur est de 7 mètres en moyenne. Elle contient quelquefois, dans ses parties supérieures, des couches sablonneuses de 1 à 2 mètres, mais à partir d'environ 3 mètres de profondeur, elle est formée d'une terre noire et argileuse è peine humide.

Au dessous de cette couche, on arrive dans une couche de sable inégalement fin montrant des parties argileuses, surtout là où elle touche la première couche. Elle est aquifère, et l'eau

1 Je dois les plans annexés a ce rapport à la bonté de M l'Ing. K. Abel.

qu'elle renferme est sous une pression suffisante pour la faire monter dans les tuyaux considérablement au dessus de la limite supérieure de la couche. L'épaisseur de cette couche est très variable : tandis que sur le plan N° 4, elle est de 13^{m} 49, elle n'est que de 7^{m} 50 sur le plan N° 2, 4^{m} 36 sur le plan N° 3 et elle se réduit à 0^{m} 50 sur le plan N° 5.

Ce fait doit mener à la conclusion que les eaux qui se trouvent dans cette couche ne forment pas une nappe continue et que pour cette raison, elles ne seront guère propres à être utilisées pour l'alimentation d'une ville.

Au dessous de cette première couche aquifère, tous les 4 sondages ont demontré la presence d'une couche d'argile compacte, sèche et absolument imperméable pour l'eau, dont l'épaisseur varie entre 2^{m} 06 et 6^{m} 00.

Elle repose sur une seconde couche de sable qui est de qualité très pure et qui se compose de grains de 0, 1 à 2 $^{m}/^{m}$ de diamètre, entre lesquels se trouve du gravier en morceaux ayant jusqu'à 30 $^{m}/^{m}$ de diamètre. Le sable est jaunâtre et varie de nuance et de grain dans les différentes profondeurs. Il ressemble complètement au sable que transportent les grands fleuves, ou au sable du déluge. L'épaisseur de cette couche n'a pas été determinée. La plus grande profondeur à laquelle on est descendu est de 43^{m} 76 au dessous du niveau du sol ou de 35^{m} 06 au dessous du niveau de la mer; le tuyau se trouvait toujours dans le sable ; il a donc traversé 29^{m} 46 de cette couche (voir Pl. N° 5). Cette couche est également aquifère et ses eaux montent dans le tuyau, comme celles de la première nappe, jusqu'à une hauteur variable d'après la saison, mais qui est toujours plus élevée que le niveau de la mer. Les planches N° 4 et 5 montrent le maximum et le minimum de ce niveau pour 1896. Ce fait demontre que la nappe est sous pression et que par suite ses eaux doivent avoir leur provenance dans des endroits

dont la hauteur au dessus du niveau de la mer, doit être beaucoup plus élevée que le sol de Tantah. Selon toute vraisemblance, elles doivent leur origine aux mêmes eaux pluviales qui alimentent le Nil et dont une grande partie infiltre dans le sol, cherchant souterrainement leur chemin vers la mer. Certainement elles ne proviennent pas des branches du Nil ou des canaux d'irrigation du Delta. Nous ne croyons pas nécessaire de discuter ici cette question à fond ; il suffira d'assurer que l'imperméabilité presqu'absolue de la terre noire du Delta (la première couche indiquée sur les planches) et du fond du lit du fleuve ainsi que la composition chimique de l'eau de la nappe rendent une telle supposition absolument inacceptable.

Les concessionnaires des eaux de Tantah étaient en train de procéder à d'autres sondages, plus au loin de la ville, lorsqu'ils apprirent qu'en 1885-86, la Société Royale de Londres avait fait exécuter des sondages dans le Delta, et qu'un rapport sur ces sondages venait d'être présenté a Monsieur le Directeur Général du Département Sanitaire par M. le Colonel Green. L'extrême obligeance de M. Green permit à M. Abel de prendre connaissance du rapport, ainsi que des croquis qui y étaient annexés représentant les couches, traversées avec les tuyaux de sondage dont l'un avait été enfoncé près de Kafr-el-Zayat, le second près de la station de Tantah et le troisième à Zagazig.

Ces croquis se trouvent en copie sur les planches Nos 6 à 8 et ils démontrent dans leurs parties caractéristiques une analogie si remarquable avec ceux des planches Nos 2 - 5 quils peuvent se passer de tout commentaire.

C'est à cause de cela que l'on renonça a pousser les travaux de sondage plus loin, car ils ne pouvaient qu'appuyer la supposition que, dans les conditions données, les eaux devaient répondre à toutes les exigences.

Après ces explications générales, voyons à présent les résultats des recherches sur la qualité de l'eau provenant des

différents sondages, examens que j'ai faits, tant sur les lieux mêmes, que dans le laboratoire.

Cela fait, nous pouvons juger, point par point, si, et pour quelles raisons, l'eau se prête à l'alimentation d'une ville.

SONDAGES N° 1 et 2

Les échantillons des eaux des sondages Nos 1 et 2 m'ont été envoyés de Tantah par Mr. l'Ingénieur Abel, dans des bouteilles bien bouchées et cachetées. Ces eaux étaient claires, sauf un dépôt faible restant au fond des bouteilles et qui, ainsi que le démontra l'analyse, se composait en majeure partie d'argile et d'oxyde de fer. D'après ce que j'ai constaté plus tard, sur les lieux, pour les autres sondages, et surtout pour le sondage N° 4, qui se trouve tout près du sondage N° 2, je me crois autorisé à dire que le fer qui se trouvait dans le dépôt en question n'avait pas pris son origine dans du sous-carbonate de fer se trouvant en solution dans l'eau et transformé en oxyde insoluble par suite du contact de l'eau avec l'oxygène de l'air. Il est plutôt certain que l'oxyde de fer provenait de la rouille qui incrustait les parois des tuyaux, ce qui s'explique facilement par le fait que le puisage de l'eau ne fut pas continu et pas assez intensif et prolongé pour nettoyer suffisamment les parois du long tuyau. Les eaux provenant des autres sondages, et pour les quelles le puisage se fit d'une manière continuelle n'ont jamais montré la présence de fer ni en solution ni en suspension.

L'analyse de l'eau claire a donné les résultats suivants :

SONDAGE N° 1

Profondeur 28, 21^{m} au dessous du niveau du sol

EAU INCOLORE, SANS ODEUR, GOUT D'UNE BONNE EAU DE PUITS

UN LITRE CONTIENT :		MILLIGRAMMES
Résidu fixe a 110°.		530,00
Chaux (CaO)		86,90
Magnésie (MgO)		32,98
Fer (Fe).		Traces minimes
Chlore (Cl).		106,50
Acide Sulfurique (SO_3)		78,60
Ammoniaque (NH_3).		Traces très-faibles
Acide Nitreux (N_2O_3).		Néant
Acide Nitrique (N_2O_5).		6,50
Pour l'oxydation des matières organiques de permanganate de potasse (KM_nO_4).	Méthode Kubel	7,71
D'oxygène (O).	Méthode Kubel	1,95

SONDAGE N° 2

Profondeur 29 mètres au dessous du niveau du sol

EAU INCOLORE, SANS ODEUR, GOUT D'UNE BONNE EAU DE PUITS

UN LITRE CONTIENT :		MILLIGRAMMES
Résidu fixe a 110°.		452,50
Chaux (CaO)		91,20
Magnesie (MgO)		37,55
Silice et Alumine ($SiO_2 + Al_2O_3$).		9,90
Fer. (Fe)		Traces
Chlore (Cl).		113,60
Acide Sulfurique (SO_3).		20,90
Ammoniaque (NH_3).		Néant
Acide Nitreux (N_2O_3)		Néant
Acide Nitrique (N_2O_5).		7,00
Pour l'oxydation des matières organiques de permanganate de potasse (KM_nO_4).	Méthode Kubel	0,79
Oxygène (O).	Méthode Kubel	0,20

Quant aux eaux des sondages N° III et IV, j'ai pris sur place moi même les échantillons pour l'analyse. Pour éviter que l'eau puisée ne soit influencée par des circonstances fortuites, avant de prendre les échantillons, on a retiré continuellement jour et nuit de l'eau du tuyau de sondage, à l'aide d'une pompe à vapeur. Le débit de cette pompe était au moins d'un litre par seconde, ce qui correspond à un débit journalier de 86 m^3.

SONDAGE N° 3

L'eau sortant du puits était absolument claire et limpide, même examinée sous une grande épaisseur. Il était possible de lire une écriture fine à travers des couches d'un mètre. Ni après un séjour prolongé jusqu'à dix mois dans des vases ouverts ou fermés, ni après agitation prolongée au contact de l'oxygène de l'air, cette eau n'a jamais subi le moindre trouble, ce qui prouve surtout l'absence de protoxyde de fer en solution. L'examen chimique, de même, démontre que ce sel n'existe pas dans l'eau du moins qu'il ne s'y trouve pas dans une proportion qui pourrait avoir de l'importance au point de vue pratique. En effet, jamais je n'ai pu obtenir la moindre réaction en ajoutant à l'eau, immédiatement après sa sortie du puits, du prussiate rouge de potasse, le reactif le plus sensible, pour les sels de protoxyde de fer.

L'eau était sans couleur apparente. Surtout, elle ne montrait pas ce ton jaune qui fait soupçonner la présence de matières organiques. Elle avait toujours un ton bleuâtre, plus ou moins prononcé suivant l'épaisseur de la couche, aspect que nous sommes habitués à considérer comme caractéristique pour les eaux les plus pures.

Jamais l'eau ne dégageait la moindre odeur, ni immédiatement après le puisage, ni après avoir été chauffée, ni après un séjour prolongé dans des vases fermés ou ouverts.

Le goût de l'eau était très-agréable et rafraîchissant ; il ressemblait toujours au goût d'une bonne eau de source ou de puits.

La température de l'eau sortant de la pompe était invariablement de 22 degrés centigrade.

Les constatations qui précèdent ont été faites à différentes reprises et sur les lieux mêmes dans un intervalle de trois mois.

Résultat de l'analyse chimique

UN LITRE D'EAU CONTIENT :		MILLIGRAMMES
Résidu fixe à 110° C.		262,00
Chaux (CaO).		47,40
Magnésie (MgO).		15,46
Silice et Alumine ($SiO_2 + Al_2O_3$).		8,13
Fer (dans le résidu d'un litre d'eau).		Traces très-faibles
Chlore (Cl).		28,40
Acide Sulfurique (SO_3).		18,58
Ammoniaque (NH_3).		Traces
Acide Nitreux (N_2O_3).		0
Acide Nitrique (N_2O_5).		0
Matières organiques :		
Oxygène (O).	Méthode Kubel	0,13
Permanganate de potasse (KM_nO_4).	Méthode Kubel	0,52

SONDAGE N° 4

Ce sondage a été exécuté tout près du sondage N° 2 et poussé à une profondeur de 43^m 76, au dessous du niveau du sol.

Les échantillons n'ont été pris, qu'après un puisage continuel de 15 jours à l'aide d'une pompe à vapeur.

Les constatations générales tant au point de vue de clarté, goût, odeur, température de l'eau, étaient absolument identiques à ce que je viens d'indiquer pour le sondage N° III. Egalement des sels de protoxyde de fer ne s'y trouvaient pas. Ces constatations ont été répétées plusieurs fois entre le 5 Mars 1895 et le 30 Octobre 1896, et ont donné toujours le même résultat. Pendant tout ce temps, la pompe à vapeur a été journellement en fonction au moins pour quelques heures.

Voici le résultat de l'analyse quantitative de l'eau puisée le 5 Mars 1896 :

UN LITRE D'EAU CONTIENT :	MILLIGRAMMES
Résidu fixe à 110°.	427,00
Chaux (CaO).	97,80
Magnésie (MgO).	40,38
Silice et Alumine ($SiO_2 + Al_2O_3$).	8,50
Fer (dans le résidu d'un litre d'eau).	Traces
Chlore (Cl).	92,30
Acide Sulfurique (SO_3).	20,09
Ammoniaque (NH_3).	Traces
Acide Nitreux (N_2O_3).	0
Acide Nitrique (N_2O_5).	5,5
Matières organiques : en oxygène.	0,20
Matières organiques : en permanganate de potasse. *(Méthode Kubel).*	0,79

Entre le 5 Mars et le 15 Décembre 1896, l'eau n'a pas subi de changement dans sa composition chimique malgré un puisage continu.

Pour se rendre compte si la composition d'une eau a changé, il suffit en général de répéter, à diiférentes reprises, l'examen de la quantité de chlore et du dégré hydrotimétrique.

Or, le contenu en chlore était :

le 30 Mars de : . . .	94, 40	milligrammes par litre.
le 17 Août de : . . .	92, 30	» » »
le 15 Décembre de : . .	92, 30	» » »

Le degré hydrotimétrique était :

le 30 Mars	14, 5
le 17 Août	14, 5
le 15 Décembre . . .	14, 5

Vu ce qui a été dit plus haut sur la nature et la provenance de la nappe souterraine qui fournit l'eau en question, il n'est pas vraisemblable que, même en puisant journellement les quantités nécessaires pour la ville de Tantah, l'eau subisse un changement dans sa composition.

La mise en marche du grand puits donnera du reste, l'occasion de se rassurer sur ce point d'une manière concluante.

Le tableau ci-dessous donne un relévé comparatif des résultats des analyses des eaux des quatre sondages faits à Tantah.

TABLEAU

Un litre d'eau contient en milligrammes	Sondage N° I	Sondage N° II	Sondage N° III	Sondage N° IV
Résidu fixe à 110° C.	530,00	452,50	262,00	427,00
Chaux (CaO).	86,90	91,20	47,40	97,80
Magnésie (MgO).	32,98	37,55	15,46	40,38
Silice et traces d' Al[ne] ($SiO_2 + Al_2O_3$)	—	9,90	8,13	8,5
Fer.	Traces	Traces	Traces	Tra. très-faibles
Chlore (Cl.)	106,50	113,60	28,40	92,30
Acide Sulfurique (SO_3)	78,60	20,90	18,58	20,09
Acide Nitreux (N_2O_3)	0	0	0	0
Acide Nitrique (N_2O_5)	6,50	7,00	0	6,00
Ammoniaque (NH_3)	Traces faibles	0	Traces faibles	Tra. très-faibles
Matière Organique en oxygène.	1,95	0,20	0,13	0,20
Matière Organique en permang[te] de potasse. *(Méthode de Kubel)*	7,71	0,79	.0,52	0,79

En comparant les chiffres de ce tableau, nous voyons que les eaux des sondages N° 1 N° 2 et N° 4 ont presque la même (1) composition chimique, tandis que les eaux du sondage N° 3 en diffèrent assez considérablement. Pour en juger exclusivement de l'analyse chimique, l'eau trouvée au sondage N° 3 est incontestablement la meilleure. Elle correspond sous tous les points aux exigences des chimistes ; elle ne dépasse en aucun de ces composants les chiffres limites fixés dans le temps pour une bonne eau potable. Aussi, à cause de son faible degré hydrotimétrique, elle serait la plus convenable pour les usages industriels, notamment pour l'alimentation des chaudières.

Seulement, il restait à établir s'il ne s'agissait pas là d'un phénomène local, et si, dans des sondages pratiqués à proximité du n° 3 ou, en puisant beaucoup d'eau, l'eau n'aurait pas changé de qualité. Les concessionnaires ont cru pouvoir se dispenser de recherches de ce genre, vu que l'eau trouvée plus près de Tantah était également très-bonne et que l'établissement du puits définitif à une distance de 6 kilomètres de la ville aurait causé des frais qui ne semblaient pas être en proportion avec la différence entre la composition chimique des eaux du n° 3 et celles des autres sondages, différences très-légères, en effet, et insignifiantes au point de vue de l'Hygiène.

En outre. on a fait valoir l'argument qu'il était de l'intérêt non seulement des concessionnaires, mais aussi de la ville que les machines élévatoires soient établies près du Canal Gaffarieh pour

(1) Ne fait exception à cette règle que le contenu assez élevé en acide sulfurique de l'eau du sondage n° 1. Il ne peut pas s'agir ici d'une erreur d'analyse, parceque j'ai répété deux fois la détermination de l'acide sulfurique, toujours avec le même resultat. Comme on n'a pas rétiré beaucoup d'eau du sondage n° 1, il pourrait s'agir d'une influence locale qui d'après toute vraisemblance, cesserait de se faire sentir, apres un puisage prolongé.

pouvoir, en cas de besoin, installer des filtres et fournir de l'eau du Nil. A cause de cela, le puits définitif a été établi entre Sondage N° 2 et N° 4.

Il me reste donc à présent à juger si l'eau trouvée en cet endroit correspond aux exigences que l'on doit avoir pour une eau potable destinée à l'alimentation d'une ville.

EXIGENCE DE L'HYGIÈNE

L'Hygiène exige qu'une eau qui doit servir pour l'alimentation d'une ville soit :

1° en quantité suffisante,

2° claire et limpide et sans couleur apparente,

3° agréable au goût et sans odeur,

4° d'une température assez constante,

5° d'une composition chimique telle qu'elle ne soit pas seulement propre pour la boisson, mais qu'elle se prête également bien aux usages domestiques (de lavage ou de cuisine) et aux usages industriels.

6° *qu'elle n'offre aucun danger pour la santé,*

Si nous examinons, à ces points de vue, l'eau du sondage n° 4 qui se trouve sur l'emplacement définitif du puits, nous sommes amenés à la conclusion qu'elle répond admirablement bien à chacune de ces conditions.

Si nous parlons ici de l'eau du sondage n° 4 seulement, nous croyons pouvoir généraliser les résultats de nos examens pour toute la nappe qui se trouve au dessous du terrain s'étendant en-

tre le tuyau de sondage près de la station (Sondage anglais) et le tuyau n° 4, vu que la composition chimique des eaux retirées des tuyaux et la configuration géologique du sol indiquent que nous nous trouvons en présence d'une nappe continue et assez étendue.

1. Quantité de l'eau

La quantité d'eau disponible pour l'approvisionnement d'une ville n'intéresse pas seulement au point de vue économique, elle est également de la plus grande importance hygiénique, parce-qu'une fourniture abondante peut seule garantir la propreté publique et privée, et partant, la salubrité indispensable.

La nappe qui a été constatée dans les différents endroits est selon toute vraisemblance, une nappe générale qui s'étend au-dessous de tout le Delta. Ses eaux peuvent varier, en ce qui concerne la composition chimique, mais les conditions hydrauliques en sont les mêmes. Elles remplissent un bassin de sable de dimensions énormes, dont la profondeur totale n'est pas encore connue. (Le sondage exécuté à Zagazig a constaté la présence de sable et d'eau jusqu'à 105,0^{m} au dessous du sol) Renfermées entre deux couches imperméables, en haut la couche d'argile, en bas une couche sur laquelle repose le sable, elles montrent, comme il a été dit ailleurs, le phénomène de monter sous une pression naturelle à une certaine hauteur dans les tuyaux de sondage. Ce phénomène ainsi que le changement périodique que subit cette pression et qui se mesure directement par les différences de niveaux dans les tuyaux, ne laissent aucun doute que la nappe ne soit alimentée par des eaux provenant des endroits plus élévés que le sol de Tantah, et qu'elles ne soient en mouvement continuel. Le diagramme sur Pl. n° 9 réprésente les variations du niveau de l'eau dans le

tuyau nº 3 en 1896 qui sont, du reste, conformes à ce qui a été observé dans le tuyau nº 4, et, autant qu'il était possible dans le grand puits en construction.

Nous en déduisons avec certitude que le bassin souterrain a son affluence et son découlement, et que les quantités des eaux affluentes sont variables selon la saison. Il va sans dire que l'écoulement se fait dans la mer.

Tout cela étant établi, la question de la quantité d'eau que l'on pourra retirer de la seconde nappe souterraine se réduit à la question de l'étendue de l'installation de prise, c'est-à-dire à la question du nombre des puits. Le fait que le soussol qui contient les eaux est d'une pureté excessive et par sa nature d'une très grande perméabilité,donne lieu d'espérer que pour les besoins de la ville de Tantah, cette installation peut être assez restreinte. Il s'agit dans ce cas d'une quantité maxima de 7000 à 8000 mètres cubes par jour, en comptant une population de 80000 à 100000 habitants. Le puits en construction qui est destiné avant tout à des épreuves quantitatives donnera tous les renseignements voulus à cet égard.

2. Clarté de l'eau

Il résulte de ce que nous venons de dire plus haut que la clarté et la limpidité de l'eau doivent satisfaire aux exigences les plus rigoureuses (Voir page 26). Or, l'eau obtenue ne présente pas de couleur apparente.

3. Goût de l'eau

Le goût de l'eau est très-agréable et rafraîchissant, et ressemble complètement à celui d'une bonne eau de source ou de

nappe du genre de celles qui sont en usage en Europe et ailleurs pour l'alimentation de beaucoup de villes. Il est bien vrai que le goût du peuple égyptien est en quelque sorte gâté par l'usage continuel de l'eau du Nil qui est extrêmement douce ; aussi l'Egyptien, ordinairement n'hésite pas à déclarer saumâtre toute eau qui contient une certaine quantité de sels, malgré qu'elle semble absolument douce et potable à celui qui est habitué aux eaux de sources et de puits. D'autre part, celui qui est habitué à une eau plus dure (eau de source et de puits) trouvera au commencement, l'eau de la plupart des rivières fade et sans goût. Mais tout homme, dont le jugement n'est pas influencé par des préjugés quelconques doit ranger, quant au goût, l'eau du 4e sondage de Tantah parmi les meilleures eaux employées pour la boisson.

4. Température de l'eau

La température de l'eau était toujours de 22° C, température qui est à peu près égale à la température moyenne de l'année dans le Delta. L'eau est donc pendant la plus grande partie de l'année plus froide que l'eau du Nil. En effet, en été, elle est d'une fraîcheur très-agréable ; d'autre part, en hiver, où la température de l'air est souvent au-dessous de 22° l'eau ne fait pas encore l'impression d'une eau tiède.

En tout cas, sa température, relativement peu élevée en été où une boisson rafraîchissante est surtout recherchée, donne à l'eau de Tantah une supériorité incontestable sur l'eau du Nil dont la température alors est égale à la température moyenne de l'air, soit 27 à 28 degrés.

5. Composition chimique de l'eau

Même au point de vue exclusivement chimique, l'eau en question ne donne lieu à aucune objection.

Il n'y a que le contenu en *chlore* qui dépasse un peu les chiffres limites adoptés dans le temps, mais, dans la plupart de ses autres composants, l'eau reste bien inférieure à ces chiffres.

Le petit tableau qui suit peut servir à s'en rendre compte.

D'après Tiemann et Gärtner (1) une bonne eau naturelle, ne doit pas contenir dans un litre plus de :

500	*milligrammes*	*Résidu fixe*	
200	»	*Chaux et Magnésie*	150 Chaux. 50 Magnésie.
30	»	*Chlore*	
100	»	*Acide Sulfurique*	
15	»	*Acide Nitrique*	

Traces d'ammoniaque et d'Acide Nitreux.

L'oxydation des matières organiques doit exiger au plus.

10 milligrammes de Permanganate de potasse.

Si nous comparons à ces chiffres ceux de l'eau des sondages faits à Tantah, et notamment l'eau du sondage n° 4, nous devons reconnaître que nous avons affaire à une eau très-pure. Il conviendrait surtout de remarquer que l'eau de Tantah est presque exempte de matières organiques. Les traces d'ammoniaque qui y ont été révélées par l'analyse sont excessivement faibles : des traces pareilles se trouvent presque dans toutes les eaux souterraines Il n'y a que le contenu un peu élevé en chlore qui pourrait donner lieu à objection. Mais cette quantité de chlore ou de sel marin n'est en aucune façon capable d'altérer la santé

(1) Die chemische und microscopisch-bacteriologische Untersuchung des Wassers III Ed. p 5.

ou de changer le goût de l'eau. If faut au moins 300 à 500 milligrammes de sel marin dans un litre d'eau pour que cette eau produise chez des personnes très sensibles le goût d'une eau saumâtre. On pourrait ajouter que le chlore dans l'eau de Tantah ne doit certainement pas son origine à des infiltrations locales de matières provenant de l'économie humaine, sa présence s'explique facilment par la nature géologique de la vallée du Nil et du Delta. En tous cas, d'après ce que j'ai expliqué dans la partie générale de ce rapport sur la valeur de l'examen chimique de l'eau, cette faible quantité de chlorures n'est nullement préjudiciable pour la santé et ne saurait jamais nous amener à ne pas employer une eau, pour l'alimentation d'une ville, si elle répond aux exigences de l'hygiène. Il résulte,.du reste, du tableau cidessous que, même en Europe, il existe de grandes villes se servant pour l'alimentation publique d'une eau qui, non seulement dans un, mais dans plusieurs de ses composants, dépasse les chiffres limites admis par les chimistes. Ainsi, par exemple le contenu en chlore est à peu près le même à Bonn et Hannover qu'à Tantah.

Villes qui sont alimentées par l'eau de la nappe souterraine

NOM	Chlore Cl.	Acide Sulfurique SO_3	Acide Nitrique N_2O_5	Acide Nitreux N_2O_3	Ammoniaque NH_3	Chaux CaO	Magnésie MgO	Degré Hydrotimétrique	Résidu fixe
Bernburg	54	117	traces	—	—	52	72	15	580
Bonn	76	42	—	—	—	134	29	18	558
Duisburg	53	traces	3	0	0	44	—	—	158
Halle	61	152	2	0	traces	152	—	15	612
Hannover	76,3	113	8	0	0	198	—	20	570
Essen	42	24	traces	traces	0	—	—	5	181
Karlsruhe	46	32	18	—	—	—	—	19	538
Würsburg	44	184	3	traces	0,6	241	40	30	742
Göttigen	14	282	6	0	0	229	—	23	829
Tantah Sondage IV	92	20	5,5	0	traces	98	40	14,5	427

Le dégré hydrotimétrique de l'eau du sondage n° 4 est de près de 15 degrés allemands. Un tel dégré peut bien donner à l'eau ce goût agréable et rafraîchissant que nous aimons dans les eaux de sources en Europe, mais, il n'est pas encore assez élévé pour rendre l'eau moins propre pour les usages domestiques, notamment pour la préparation des denrées et pour la lessive. En effet, on s'est habitué à ranger les eaux qui ont une dureté de moins de vingt degrés encore parmi les eaux douces, et ne considérer comme dures et par conséquent moins propres pour les usages domestiques et industriels que les eaux dont le degré hydrotimétrique dépasse 20 degrés allemands. (1)

Le tableau (page 37) démontre qu'une grande partie des eaux souterraines y indiquées ont un degré hydrotimétrique parfois beaucoup plus élevé que l'eau qui doit servir pour l'alimentation projetée de Tantah.

Un fait qui a été relevé par l'examen chimique de l'eau des sondages à Tantah, c'est l'absence de fer en solution : c'est là une chose très importante. L'eau qui contient des sels de protoxyde de fer, et les eaux de ce genre ne sont pas rares en Europe, exige, avant de pouvoir servir pour l'alimentation un traitement préalable qui consiste en une combinaison d'aération et de filtration à travers du sable et qui a pour but de débarrasser l'eau du fer qu'elle contient. Or, l'eau de Tantah étant libre de fer dissous, elle peut-être employée pour l'alimentation de la ville, *sans aucun traitement préalable.*

Malgré que leur présence était des plus invraisemblables, je n'ai pas manqué d'examiner l'eau de Tantah afin de déterminer si elle contenait des poisons métalliques quelconques, comme sels

(1) Tiemann-Gärtner l. c. p. 654.

d'arsenic,de cuivre ou de plomb. Des composés de ce genre font absolument défaut.

Pour résumer ce qui précède, nous pouvons dire que l'eau des sondages à Tantah et notamment l'eau du sondage N° 4, destinée à servir pour l'alimentation définitive, ne donne lieu à aucune objection au point de vue chimique, qu'elle peut être plutôt rangée parmi les meilleures eaux souterraines employées pour l'alimentation des villes.

Le ministère des Travaux Publics a bien voulu attirer mon attention sur le fait qu'il existe à Tantah des personnes qui prétendent que l'eau puisée du sondage N° 4, quoique bonne immédiatement après le puisage, devient puante et noire après avoir séjournée pendant quelque temps dans des récipients dans les maisons, S. E. Fakri Pacha m'a remis même une bouteille qui permettait de constater ce phénomêne.

L'eau en question dégageait une odeur assez prononcée d'hydrogène sulfuré et présentait un faible dépôt noir. La présence d'hydrogène sulfuré put être prouvée par les réactions usuelles ; le dépôt noir consistait en un mycélium sur lequel s'était fixée une faible quantité de sulfide de fer.

Le fait était trop grave pour ne pas être examiné sérieusement. Je me suis donc rendu moi-même à Tantah, à deux reprises, pour prendre des échantillons de l'eau du sondage N° 4. Les échantillons ont été, au laboratoire, distribués dans des vases de genre différent. J'ai employé des récipients en verre, en grès, en fer blanc, j'ai laissé séjourner l'eau dans ces vases ou ouverts ou fermés, à température ordinaire et élevée jusqu'à 37° c., pendant des semaines et même pendant des mois. Dans aucun cas, je n'ai pu constater le moindre changement de l'eau. Jamais, une odeur désagréable et notamment l'odeur d'hydrogène sulfuré ne s'est produite, jamais un dépôt noir ne s'est formé, ou les parois des vases en fer blanc n'ont subi de noircis-

sement. Les échantillons d'eau des sondages 1, 2 et 3 qui sont restés dans mon laboratoire pendant plus d'un an, dans des bouteilles ou fermées ou ouvertes, ont conservé pendant tout ce temps leur clarté et leur goût agréable. J'ai même ajouté à l'eau du sondage N° 4 du limon du Nil frais, et j'ai gardé les échantillons sous des conditions variées — jamais, je n'ai pu constater la moindre odeur désagréable.

Je suis donc forcé de déclarer que, sous des conditions ordinaires, l'eau du sondage N° 4 ne subit pas le moindre changement ad deteriorem.

Je ne saurais m'expliquer la décomposition de l'échantillon qui m'a été envoyé que par le fait que cette eau doit avoir séjourné dans des récipients excessivement sales dans lesquels, du reste, la meilleure eau potable ne manquerait pas de se gâter.

6. L'eau offre-t-elle un danger pour la santé publique

J'ai déjà fait remarquer que l'eau ne contient pas de poisons dissous, et que, par conséquent, elle ne peut pas, à cet égard, être nuisible à la santé.

En dehors de cela, une eau ne peut occasionner de maladies qu'au cas où elle contient des germes pathogènes. Ces germes ne peuvent arriver dans l'eau que de la surface. Comme nous l'avons vu plus haut le pouvoir filtrant du sol naturel, en général, est tel que tous les microbes sont retenus dans les couches supérieures du sol et que, par conséquent, l'eau souterraine est libre de germes. La contamination de la nappe souterraine ne se fait ordinairement que par des ouvertures qui mettent la nappe en communication directe avec la surface. Un coup d'œil sur les coupes géologiques (Pl. II. - VIII) nous doit rassurer que la nappe de Tantah est protégée d'une manière absolue contre l'en-

trée des germes par en haut. En effet, déja la première couche de terre argileuse (limon du Nil) est imperméable pour l'eau et partant pour les microorganismes que les eaux superficielles pourraient entraîner.

Mais, même au cas où, par une combinaison de circonstances malheureuses, des germes seraient entrés dans la première nappe, ils seraient absolument empêchés de pénétrer la deuxième couche imperméable et de contaminer la seconde nappe d'où on s'est proposé de retirer l'eau pour l'alimentation de Tantah.

Dès le commencement, on pouvait donc être sûr que l'eau de la seconde nappe était absolument libre de bactéries.

Malgré cela, j'ai tenu à me rassurer aussi expérimentalement que l'eau était stérile. Des expériences de ce genre sont assez difficiles à faire, surtout quand il s'agit de sondages de grande profondeur. En enfonçant le tuyau de sondage, on entraîne forcément des parties des couches superficielles du sol qui sont très riches en bactéries. Ces microbes adhèrent aux parois des tuyaux et peuvent se multiplier ainsi. L'eau de la nappe, en montant dans le tuyau à la surface, ou par force naturelle ou aspirée par une pompe doit donc se charger des germes qui se trouvent dans le tuyau. Même en faisant un puisage intensif et continnel, on ne réussit pas, dans la plupart des cas, à laver suffisamment le tuyau pour empêcher complètement que l'eau rétirée de la nappe ne contienne quelques germes des parois. Pour avoir l'eau de la nappe, dans sa qualité naturelle, il faut donc stériliser le tuyau et renoncer autant que possible à l'usage d'une pompe.

Le meilleur moyen pour stériliser un tuyau de sondage, c'est d'y faire entrer de la vapeur sous pression. En appliquant ce système, qu'il serait trop long de décrire ici, j'ai réussi à stériliser le tuyau de sondage N° 4, *et à prouver que l'eau,*

qui sortait de ce tuyau quelques heures après était absolument exempte de bactéries vivants.

La supposition théorique a donc été confirmée par l'expérience. L'eau de la seconde nappe *est stérile.*

Il s'agit à présent d'examiner si cela restera ainsi pour toujours. Par ce que j'ai dit sur la configuration géologique des couches aquifères, une contamination de la nappe à travers le sol naturel est impossible.

Il faut donc seulement, afin d'être rassuré pour l'avenir, installer le puits qui doit servir pour l'alimentation de Tantah de telle manière qu'une pollution de l'eau par en haut ne puisse pas avoir lieu.

A ce point de vue, la construction du puits exécuté à Tantah, comme elle est représentée sur la planche N° 10 donne toute garantie voulue. Le cylindre en maçonnerie de briques avec du ciment, reposant sur la couche inférieure d'argile et fermé au fond par un bloc de béton, exclut complètement les eaux de la nappe supérieure et ne donne accès qu'aux eaux de la seconde nappe qui peuvent entrer le long de la partie trouée du tuyau en fer galvanisé. Une fermeture hermétique d'en haut protègera les eaux contenues dans le puits contre toute pollution et infection par la superficie.

Nous pouvons donc assurer que, de cette manière, l'eau du puits ne sera jamais exposée à une contamination et qu'elle n'offrira pas de danger pour la santé publique.

De ce qui précède, il résulte, d'une façon concluante, que l'eau qu'on se propose d'employer pour l'alimentation de la ville de Tantah se prête très bien à ce but, vu qu'elle correspond à toutes les exigences que la science moderne a pour une bonne eau potable. Si donc les expériences de puisage sur le grand puits donnent la certitude complète que l'on peut

avoir toujours la quantité nécessaire, et si elles prouvent que la qualité ne change pas, même avec un puisage maximal et forcé, on ne pourra, à mon avis que féliciter la ville de Tantah, quand le projet de l'alimenter par les eaux de la nappe souterraine sera exécuté.

Dr. H. Bitter

26 Décembre 1896.

N.B. — *Dix planches sont annexées au présent Rapport.*

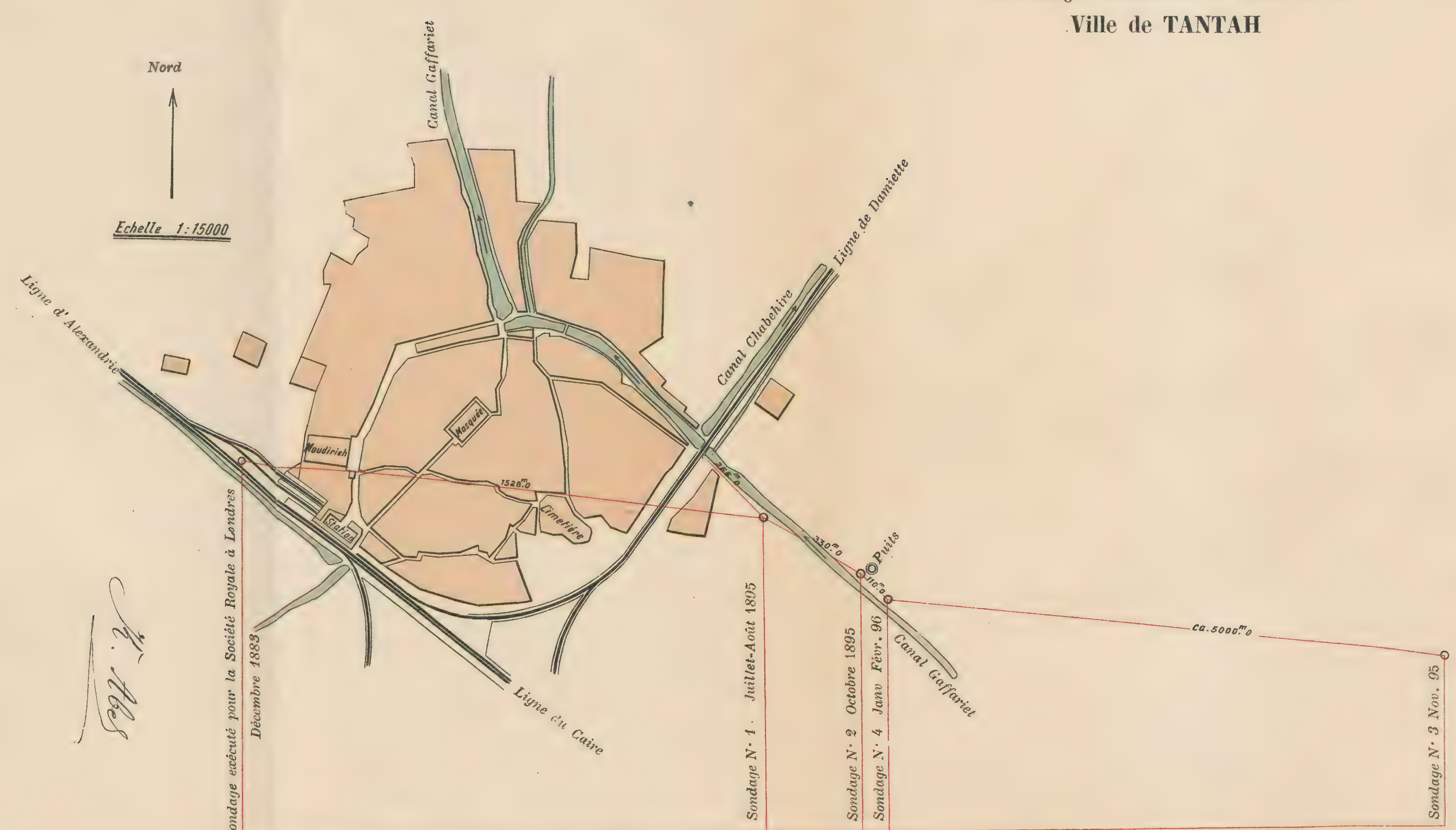


Eaux de Tantah

PLAN DE LA SITUATION

des sondages exécutés dans les environs de la

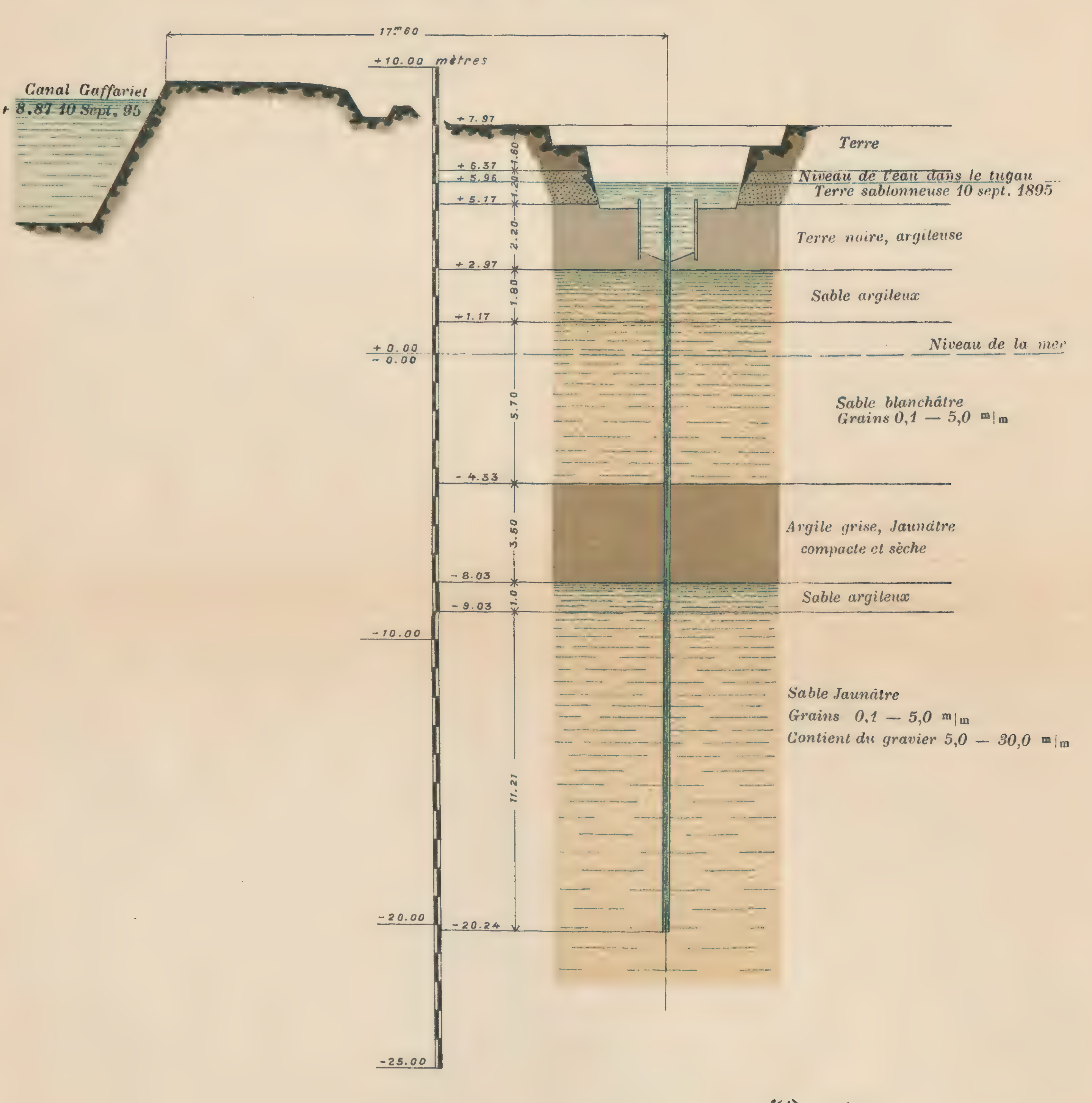
Ville de TANTAH



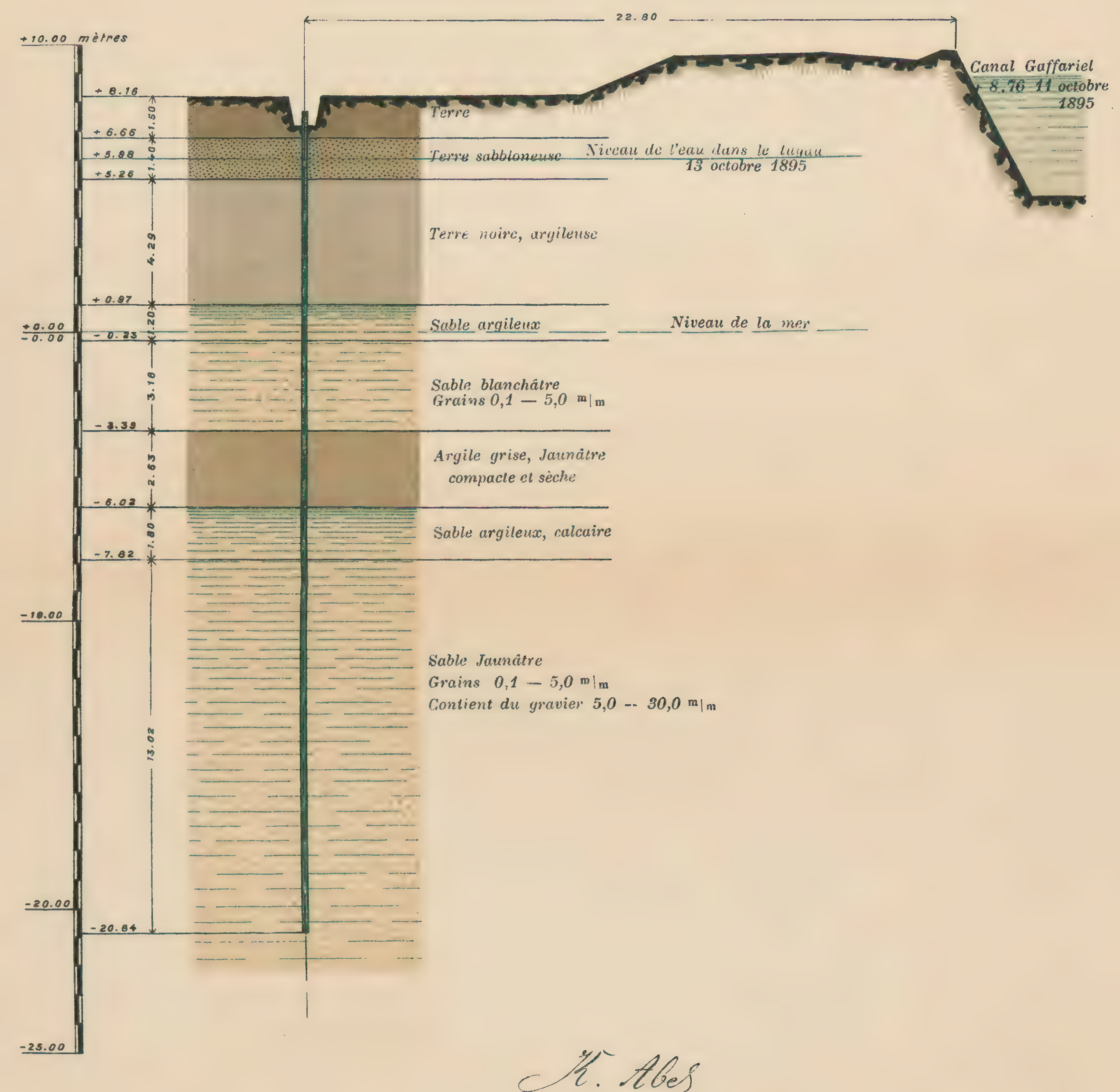
Bl. VI.

Eaux de Tantah

SONDAGE
N° I
Juillet, Aout 1895

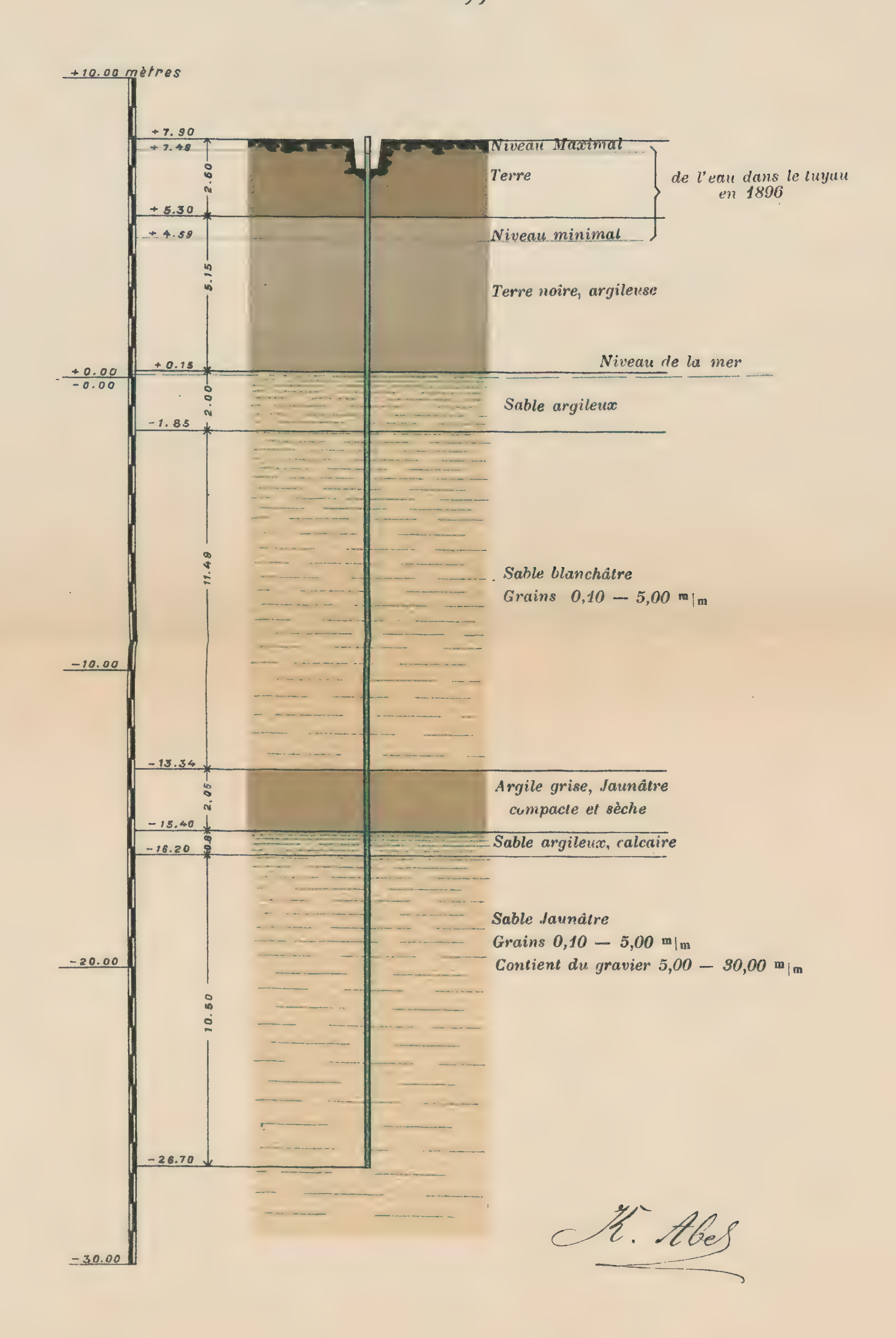


SONDAGE
N° 2
Octobre 1895



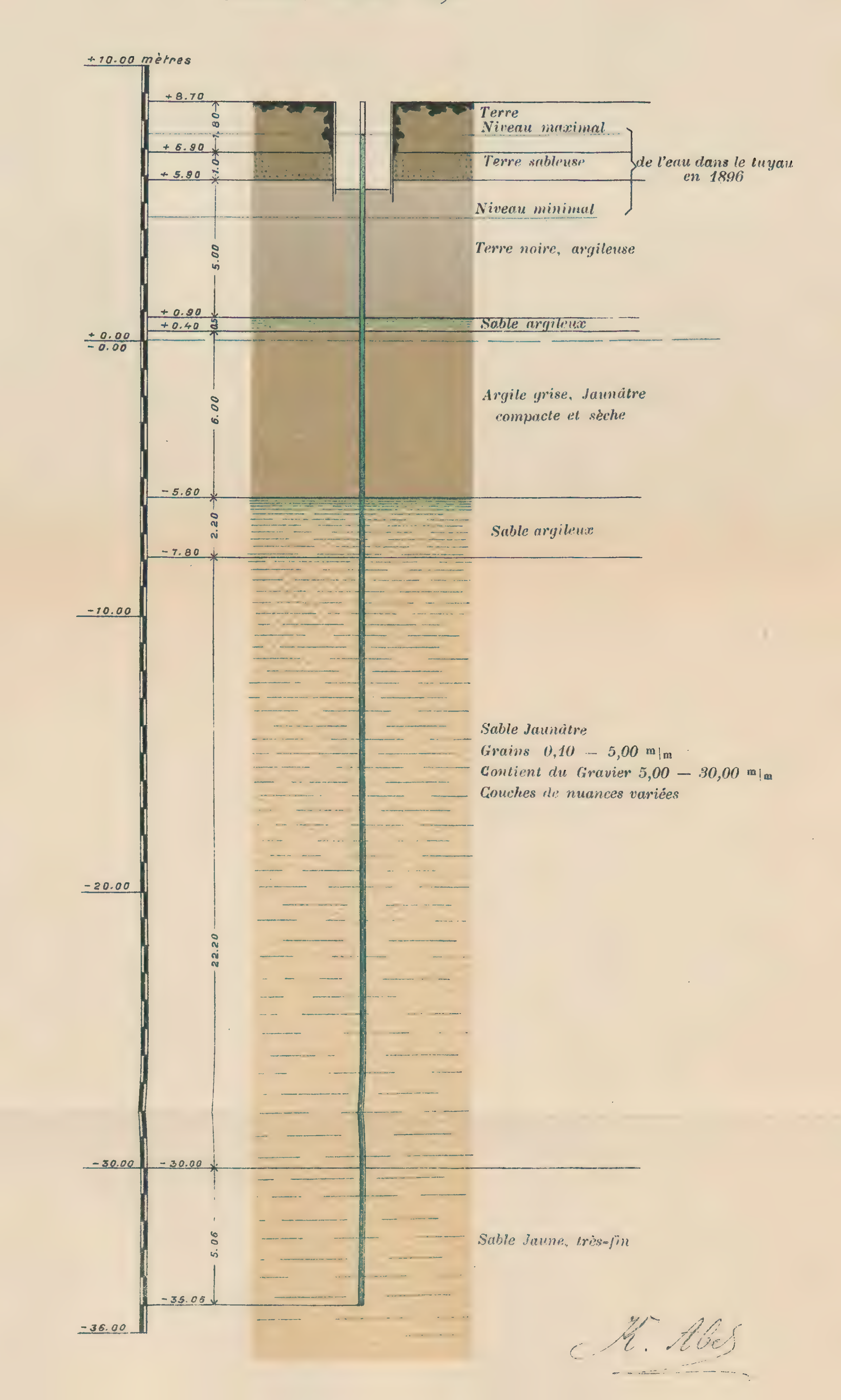
Eaux de Tantah

SONDAGE
N° 3
Novembre 1895



K. Abel

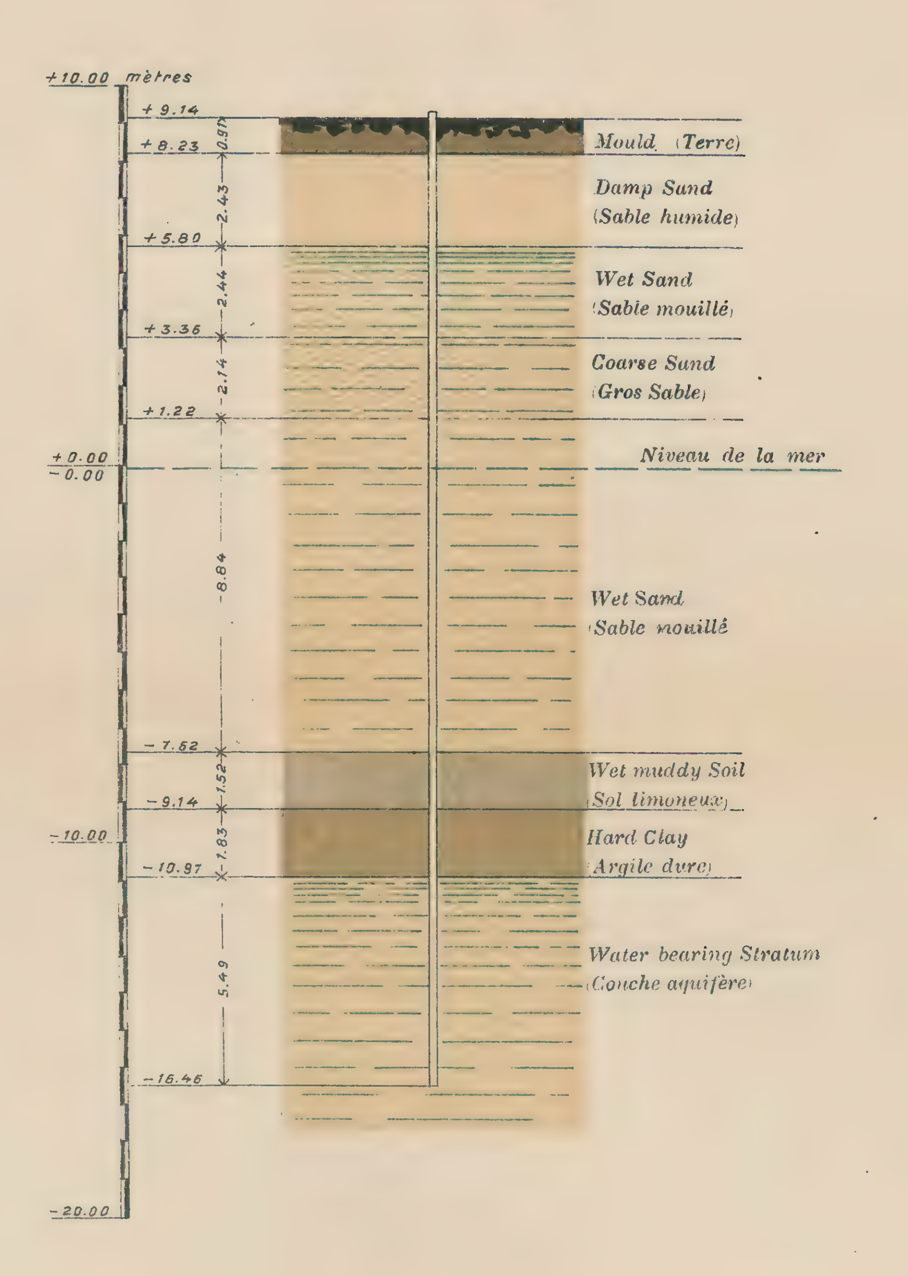
SONDAGE
N° 4
JANVIER, FÉVRIER 1896



SONDAGE PRÈS DE KAFR-EL-ZAYAT

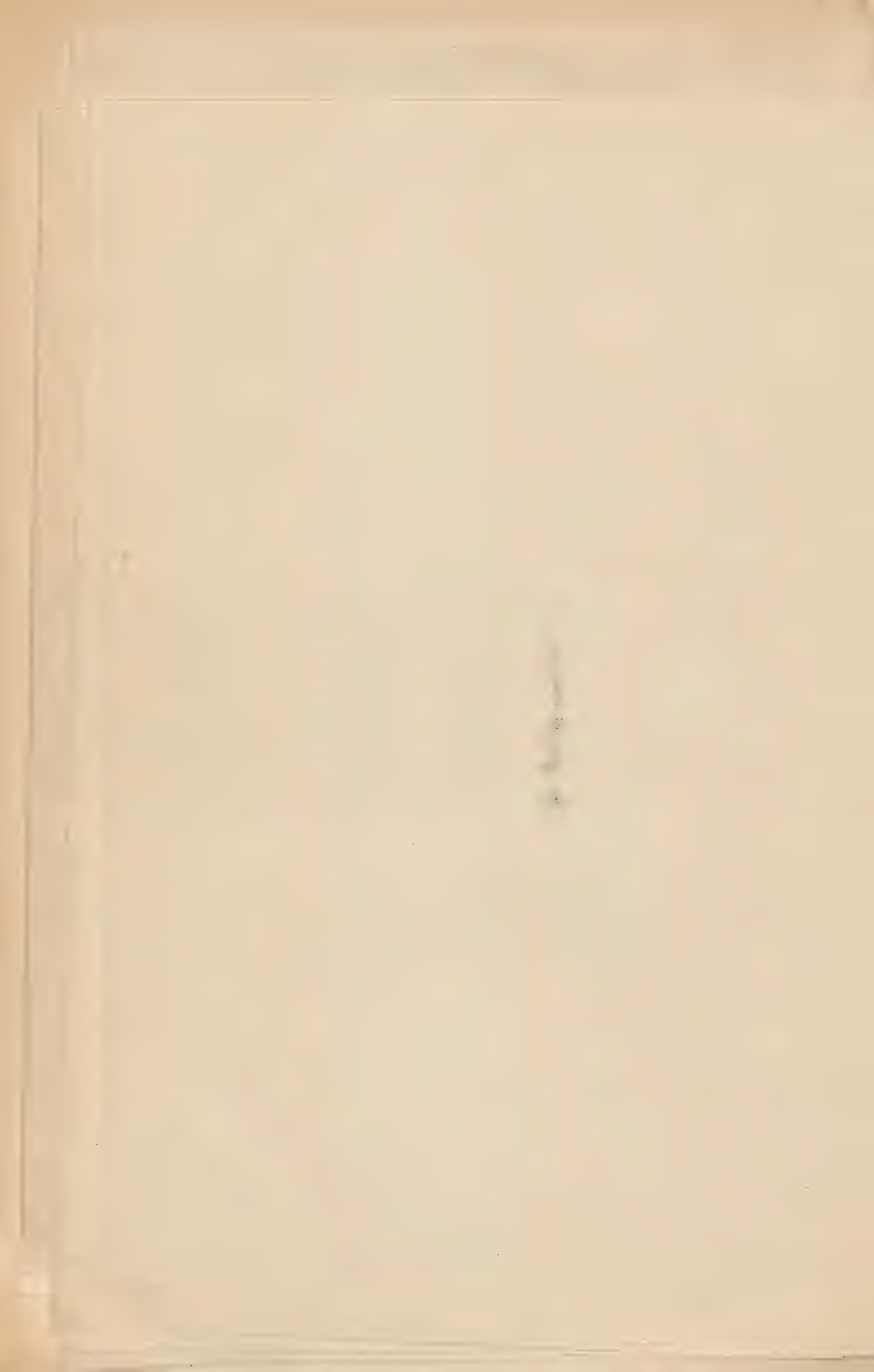
exécuté pour la Société Royale à Londres

Novembre 1883



Cette coupe est tirée d'un rapport qui a été présenté par Monsieur le colonel Green à Monsieur le Directeur Général du Département Sanitaire, daté du 16 décembre 1895 et qui concerne les sondages exécutés dans le Delta en 1883-86 pour la Société Royale à Londres.

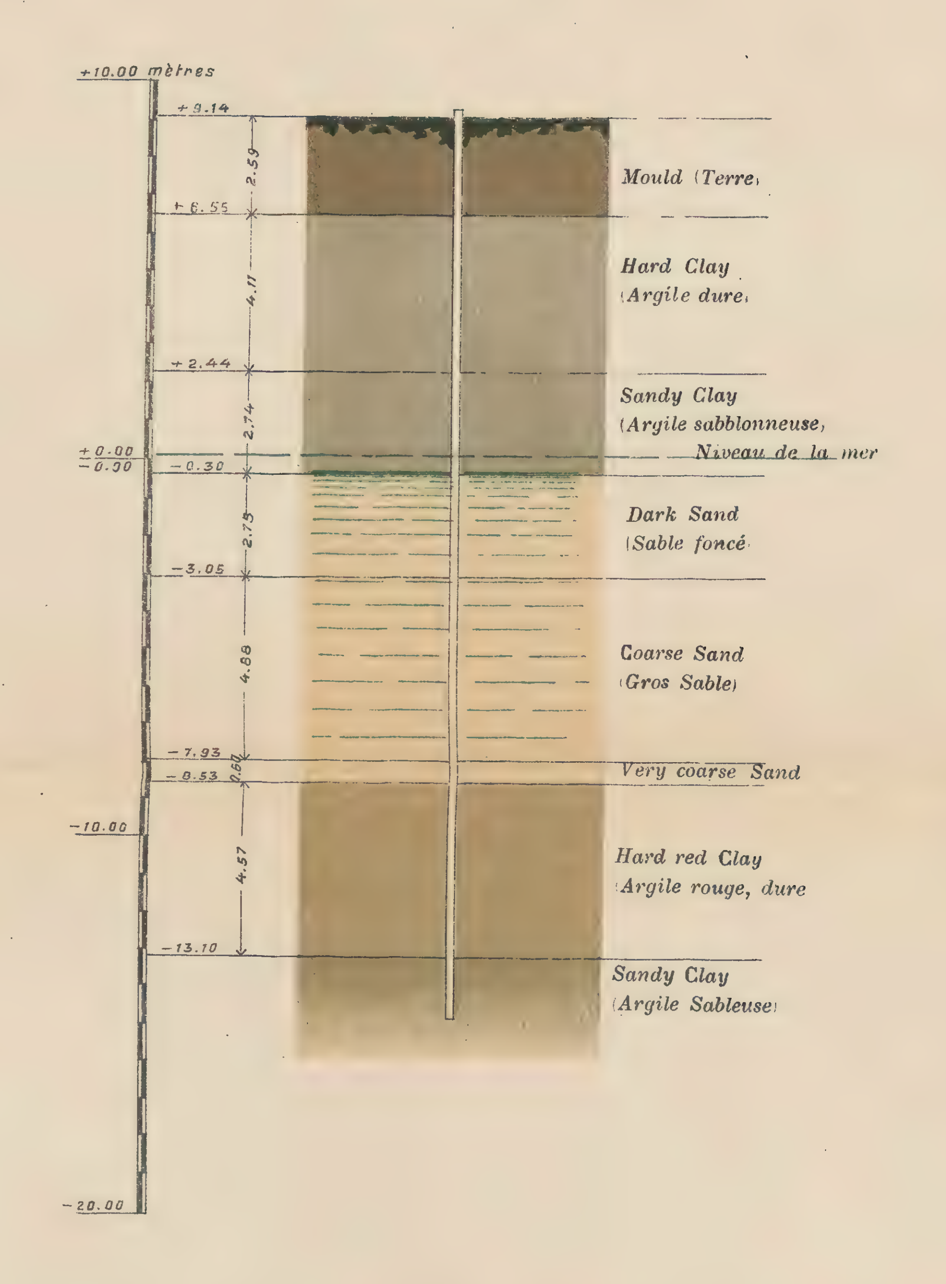
K. Abel



SONDAGE A TANTAH

exécuté pour la Société Royale à Londres

DÉCEMBRE 1883



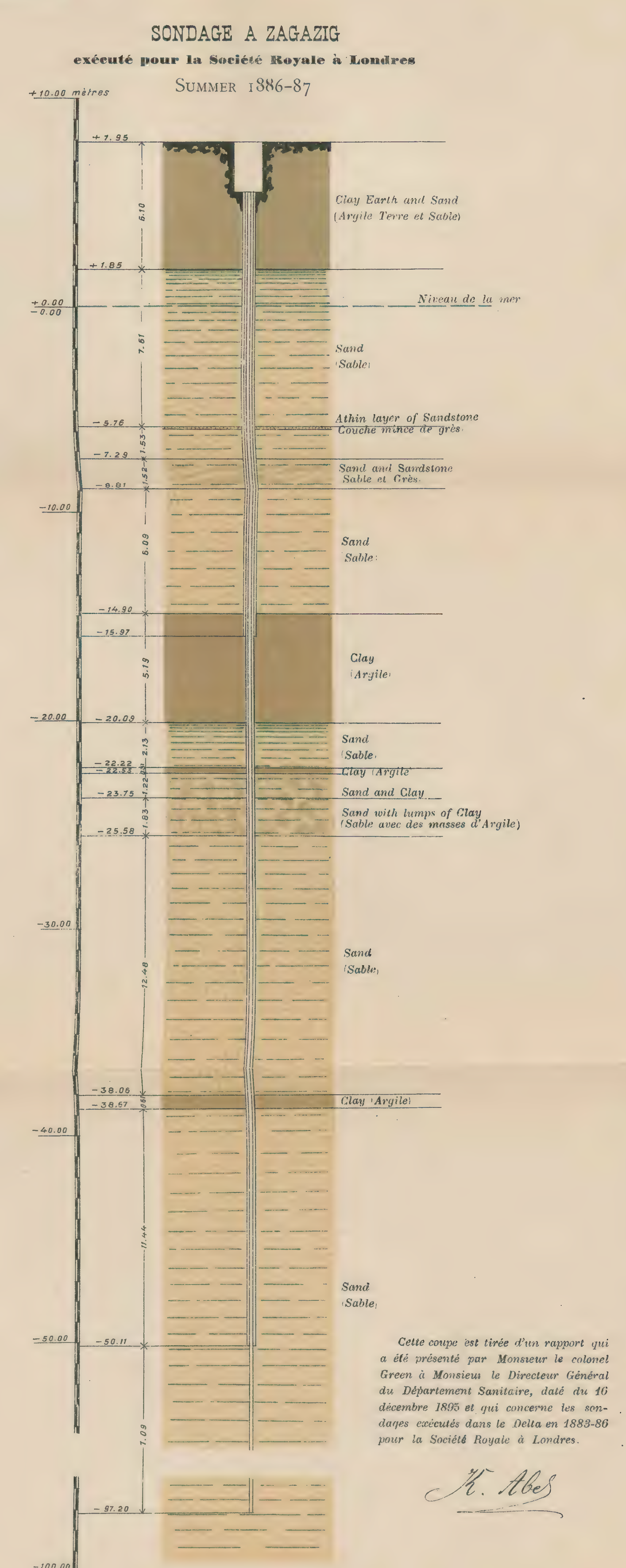
Cette coupe est tirée d'un rapport qui a été présenté par Monsieur le colonel Green à Monsieur le Directeur Général du Département Sanitaire, daté du 16 décembre 1895 et qui concerne les sondages exécutés dans le Delta en 1883-86 pour la Société Royale à Londres.

K. Abel

SONDAGE A ZAGAZIG

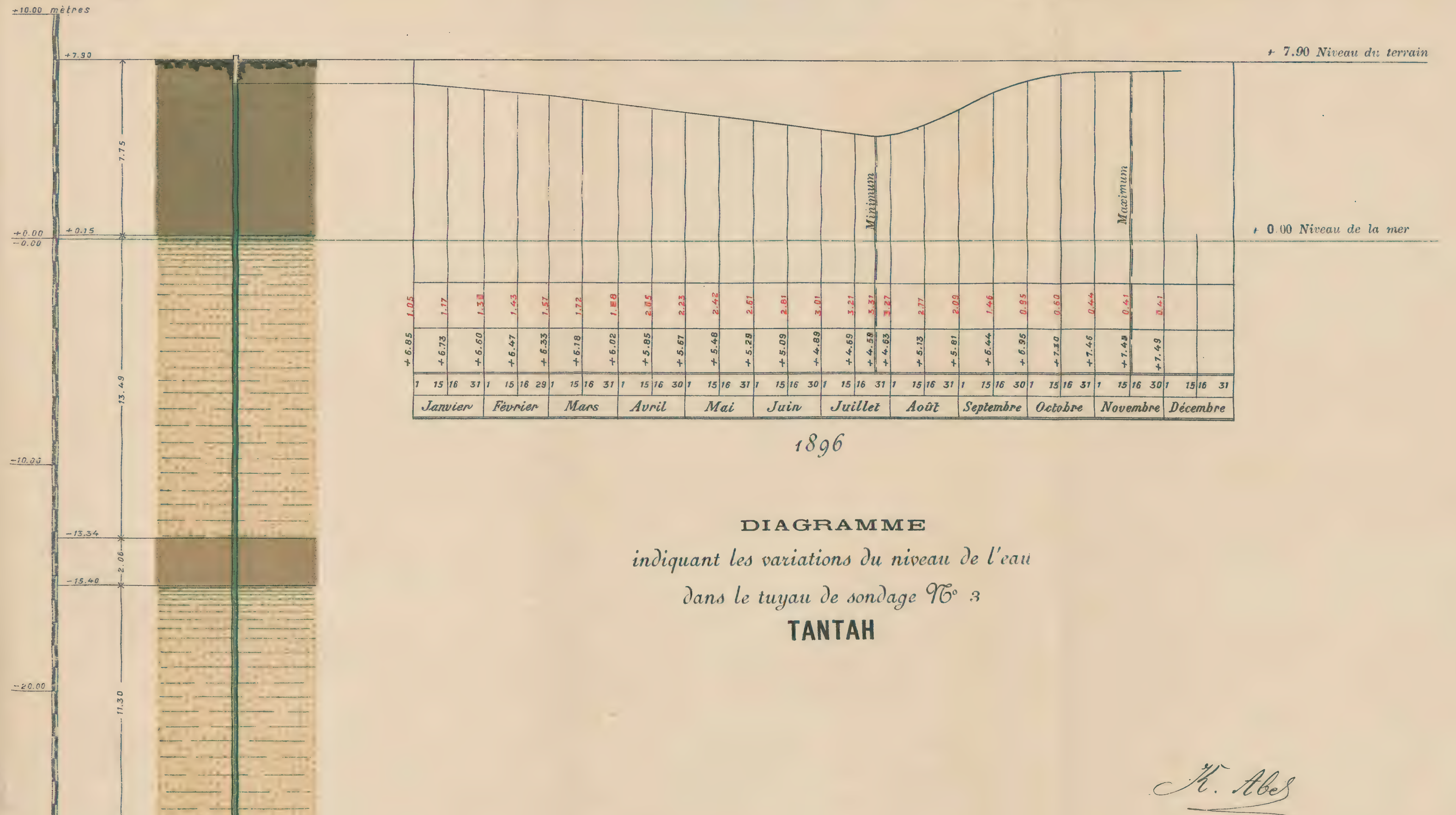
exécuté pour la Société Royale à Londres

SUMMER 1886-87



Cette coupe est tirée d'un rapport qui a été présenté par Monsieur le colonel Green à Monsieur le Directeur Général du Département Sanitaire, daté du 16 décembre 1895 et qui concerne les sondages exécutés dans le Delta en 1883-86 pour la Société Royale à Londres.

K. Abe



+10.00 mètres
+7.90
+0.15
+0.00
-0.00
-10.00
-13.34
-15.40
-20.00
-26.70
-30.00
7.75
13.49
2.06
11.30
+ 7.90 Niveau du terrain
+ 0.00 Niveau de la mer
Minimum
Maximum
1.05
1.17
1.43
1.57
1.72
2.23
2.42
2.61
2.81
3.01
3.21
3.31
2.77
2.09
1.46
0.95
0.60
0.44
0.41
0.41
+ 6.85
+ 6.73
+ 6.60
+ 6.47
+ 6.33
+ 6.18
+ 6.02
+ 5.85
+ 5.67
+ 5.48
+ 5.09
+ 4.89
+ 4.69
+ 4.63
+ 5.13
+ 5.81
+ 6.44
+ 6.95
+ 7.30
+ 7.46
+ 7.49
Janvier
Février
Mars
Avril
Mai
Juin
Juillet
Août
Septembre
Octobre
Novembre
Décembre
1896
DIAGRAMME
indiquant les variations du niveau de l'eau
dans le tuyau de sondage No. 3
TANTAH
K. Abel

Eaux de Tantah

Pl. N° 10

Puits

Fig. 1 - représente le puits en construction

Fig. 2 - représente le puits terminé

Fig. I

Fig 2

0.50 — 3.00 — 0.50

1.00

0.50

+8.16

+0.97

+0.000

−0.000

−3.39

−6.02

−29.64

7.19

4.36

2.63

23.62

37.80

Maçonnerie en briques et ciment

+ 7.49 Maximum Novembre Décembre 1896

+ 4.59 Minimum Juillet 1896

Béton

Tuyau en fer galvanisé

K. Abel